

Optimasi Tata Letak Fasilitas Menggunakan Metode Multi Objective Function pada Pembangunan Proyek Apartemen Nine Residence Jakarta

Rian Okki Gunawan, Cahyono Bintang Nurcahyo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: cbintangn@yahoo.com

Abstrak—Optimasi tata letak (*site layout*) fasilitas merupakan suatu tahap dalam perencanaan fasilitas yang bertujuan untuk mengembangkan suatu sistem area yang efisien dan efektif sehingga dapat tercapainya suatu proses yang paling optimum. Pada kenyataannya banyak perusahaan konstruksi yang kurang memperhatikan beberapa faktor yang sebenarnya memiliki potensi untuk dioptimalkan seperti tata letak fasilitas, padahal hal tersebut sangat berpengaruh pada kinerja pekerja untuk dapat lebih menaikkan produktivitas dan efisiensi dalam aktivitas konstruksi. Pada proyek Apartemen Nine Residence Jakarta ini dilakukan pengoptimasian tata letak fasilitas karena terdapat beberapa masalah layout seperti jarak tempuh yang cukup jauh serta tingkat keselamatan dan keamanan yang perlu ditingkatkan. Semua pengoptimasian tata letak ini mengacu pada metode optimasi Multi Objective Function dengan memakai analisis *traveling distance* dan analisis *safety index*. Perhitungan *traveling distance* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai TD paling minimum adalah pada skenario 7 dengan nilai sebesar 48635,08 meter atau mengalami penurunan TD sebesar 61,93% dibandingkan nilai TD pada kondisi eksisting. Perhitungan *safety index* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai SI paling minimum adalah pada skenario 7 dengan nilai 1529,34 atau mengalami penurunan SI sebesar 34,10% dari kondisi eksisting. Bentuk tata letak fasilitas yang paling optimum adalah pada *site layout* skenario 7.

Kata kunci—*optimasi, tata letak, multi objective function, traveling distance, safety index.*

I. PENDAHULUAN

DEWASA ini, industri konstruksi di dunia terutama di Indonesia memiliki daya saing tinggi yang mampu bertahan dan berkembang. Kondisi tersebut dapat terpenuhi melalui peningkatan produktivitas dan efisiensi dengan cara pengoptimasian dalam sektor konstruksi.

Pada kenyataannya, untuk mencapai produktivitas dan efisiensi yang tinggi dalam pekerjaan proyek konstruksi tersebut cukup sulit dilakukan. Salah satu kendalanya adalah pihak manajemen kesulitan menemukan sumber-sumber

masalah dan hambatan dalam mencapai produktivitas dan efisiensi. Terbatasnya kemampuan sumber daya manusia serta tidak adanya alat yang bisa digunakan untuk membantu memecahkan masalah menjadi salah satu alasan. Banyak perusahaan konstruksi yang kurang memperhatikan beberapa faktor yang sebenarnya memiliki potensi untuk dioptimalkan seperti tata letak fasilitas, padahal hal tersebut sangat berpengaruh pada kinerja pekerja untuk dapat lebih menaikkan produktivitas dan efisien dalam aktivitas konstruksi. Hal lain yang menyangkut tata letak yang tidak efisien juga akan menyebabkan bertambahnya penanganan material dan biaya penempatan ulang dari barang lainnya.

Optimasi tata letak (*site layout*) merupakan suatu tahap dalam perencanaan fasilitas yang bertujuan untuk mengembangkan suatu sistem area yang efisien dan efektif sehingga dapat tercapainya suatu proses yang paling optimum. Perencanaan tata letak ini memiliki fungsi untuk menentukan dan menempatkan fasilitas-fasilitas penunjang pelaksanaan proyek seperti direksi keet, barak pekerja, genset dan sebagainya pada lokasi yang tepat. Tata letak fasilitas sementara tersebut memiliki dampak yang penting bagi proses pengerjaan proyek yang mencakup waktu pekerjaan dan biaya proyek terutama pada proyek-proyek penting yang dikelola oleh pemerintah. Setiap proyek tentunya memiliki luas lahan yang berbeda-beda serta memerlukan fasilitas yang berbeda pula dalam pelaksanaan proyek (Yeh, 1995).

Perencanaan tata letak fasilitas ini mempertimbangkan jarak tempuh yang dilalui oleh pekerja. Jarak tempuh yang dimaksud adalah jarak kumulatif pekerja dalam melakukan perjalanan di dalam proyek setiap harinya. Hal ini perlu dianalisis agar mendapatkan jarak tempuh yang efektif dan efisien. Dalam pengaturan tata letak juga harus memperhatikan keamanan dan keselamatan para pekerja yang beraktivitas dalam proyek tersebut. Penempatan fasilitas yang salah dapat membahayakan pekerja serta meningkatkan probabilitas terjadinya kecelakaan. Hal ini wajib dicermati, karena dapat berakibat fatal dan membuat pekerja lain menjadi tidak nyaman. Dengan demikian, pada perencanaan *site layout* perlu pengaturan supaya mendapatkan jarak tempuh yang

optimum serta dapat meminimalkan tingkat bahaya ke strata terendah.

Pada proyek Apartemen Nine Residence yang bertempat di Kemang, Jakarta Selatan jarak tempuh antar fasilitas serta frekuensi perpindahan para pekerja cukup jauh padahal hal itu sangat berpengaruh pada produktivitas pekerja. Hal lain yang menjadi topik perbincangan yaitu mengenai keselamatan para pekerja. Di proyek tersebut terdapat 2 *tower crane* yang bisa menimbulkan bahaya jika terjadi kejatuhan material. Fasilitas lain seperti genset dan panel listrik juga dapat menimbulkan bahaya jika meledak. Hal ini cukup membahayakan pekerja dan membuat banyak orang menjadi tidak nyaman untuk melewati jalur yang dekat dengan fasilitas-fasilitas tersebut. Ketidakteraturan tersebut seharusnya segera diantisipasi, dengan mengukur seberapa besar tingkat bahaya (*safety index*) berdasarkan *layout* awal yang dibuat. Oleh karena itu, perlu adanya pembenahan dalam pengaturan *site layout* berdasarkan *traveling distance* dan *safety index* pada proyek tersebut.

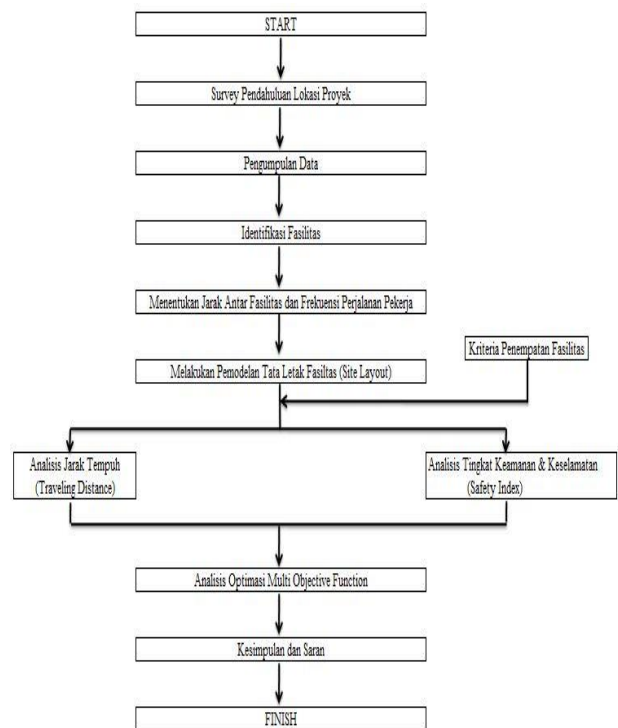
Pengaturan dengan *site layout* yang optimum ini diharapkan dapat memberikan alternatif-alternatif dengan cara mengatur fasilitas-fasilitas penunjang proyek yang ada dalam proyek tersebut. Hal itu tentunya akan sangat menguntungkan bagi perencana proyek serta pekerja yang ada di dalam proyek Nine Residence Jakarta tersebut.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, para peneliti banyak membahas optimasi tata letak fasilitas menggunakan metode seperti *genetic algorithm* oleh P.E.D Love dan H. Li pada tahun 2000, *new mathematical optimization* oleh Said M. Easa dan K.M.A Hossain [2] pada tahun 2008 serta *multi objective function* oleh Pranarka D & Adi T.W dan Effendi T.D dkk tahun 2012. Metode *genetic algorithm* dan *new mathematical optimization* hanya meninjau perhitungan *traveling distance* saja sementara itu metode *multi objective function* menghitung *travelling distance* serta meninjau *safety index* untuk mengetahui tingkat keamanan dan keselamatan pekerja di suatu layout proyek. Penelitian *multi objective function* ini juga tergolong masih sedikit dan perlu dilakukan penelitian lanjutan. Maka dari itu, penelitian optimasi tata letak fasilitas pada pembangunan Apartemen Nine Residence Jakarta menggunakan metode *multi objective function*.

II. METODOLOGI

A. Konsep Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan bentuk *site layout* yang optimum dengan melakukan pengukuran jarak antar fasilitas, frekuensi perjalanan pekerja serta *safety index*. Data-data tersebut akan dilakukan optimasi dengan metode *multi objectives function* untuk mendapatkan bentuk *site layout* yang optimum. Bentuk *site layout* optimum adalah *site layout* yang memiliki nilai *traveling distance* dan *safety index* kecil.



Gambar. 1. Bagan Alir Optimasi Tata Letak Fasilitas

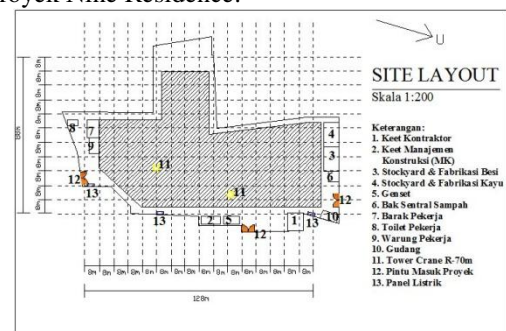
Penjelasan dari diagram alir serta metodologi secara rinci terkait penelitian dapat dilihat di Gunawan, R.O. (2014) [3].

III. PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Survey lokasi proyek dilakukan pada pembangunan proyek apartemen Nine Residence yang bertempat di wilayah kota Jakarta. Survey dilakukan untuk memperoleh data eksisting tata letak fasilitas, luas tiap-tiap fasilitas, jarak antar masing-masing fasilitas, serta identifikasi *safety index*. Dari hasil survey yang dilakukan melalui proses pengamatan di lapangan serta wawancara dengan project manager dan kepala SHE (*Safety, Health & Environmental policy*) maka didapatkan data-data sebagai berikut :

1). Data eksisting tata letak fasilitas, berupa data gambar *site layout* proyek Nine Residence.



Gambar. 2. Site Layout Eksisting Proyek

2). Untuk mengoptimasikan suatu tata letak fasilitas, maka perlu adanya identifikasi fasilitas. Pengidentifikasi setiap fasilitas diperlukan untuk mengetahui jumlah fasilitas dan sifat dari fasilitas tersebut. Tipe fasilitas di dalam proyek dibedakan menjadi dua macam, yaitu fasilitas yang dapat dipindah dan fasilitas yang tidak dapat dipindahkan. Fasilitas-fasilitas yang tergolong tidak dapat dipindahkan yaitu genset. Fasilitas-fasilitas yang dapat dipindahkan berjumlah 9 fasilitas yaitu *keet* kontraktor, *keet* manajemen konstruksi, *stockyard* & fabrikasi besi, *stockyard* & fabrikasi kayu, bak sentral sampah, barak pekerja, toilet pekerja, warung pekerja dan gudang.

3). Jarak antar fasilitas didapatkan dari hasil pengukuran *AutoCad site layout* proyek yang diberikan oleh project manager. Hasil pengukuran jarak antar fasilitas dapat dilihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1.
Jarak Antar Fasilitas

JARAK (m)	Keet Kontraktor	Keet MK	S & F Besi	S & F Kayu	Genset	Bak Sentral Sampah	Barak Pekerja	Toilet Pekerja	Warung Pekerja	Gudang
Keet Kontraktor	0.0	50.5	52.9	65.2	40.6	44.3	162.5	163.7	152.6	22.2
Keet MK	50.5	0.0	97.2	109.5	16.0	89.8	116.9	117.7	107.1	67.7
S & F Besi	52.9	97.2	0.0	14.8	86.2	12.3	210.5	211.7	200.6	38.2
S & F Kayu	65.2	109.5	14.8	0.0	98.5	24.6	222.8	224.0	212.9	50.5
Genset	40.6	16.0	86.2	98.5	0.0	77.5	128.0	129.2	116.9	55.4
Bak Sentral Sampah	44.3	89.8	12.3	24.6	77.5	0.0	201.8	203.1	192.0	29.5
Barak Pekerja	162.5	116.9	210.5	222.8	128.0	201.8	0.0	9.8	18.5	179.7
Toilet Pekerja	163.7	117.7	211.7	224.0	129.2	203.1	9.8	0.0	19.7	182.2
Warung Pekerja	152.6	107.1	200.6	212.9	116.9	192.0	18.5	19.7	0.0	169.8
Gudang	22.2	67.7	38.2	50.5	55.4	29.5	179.7	182.2	169.8	0.0

4). Frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas didapatkan dari hasil wawancara dengan *project manager* selaku *expert*. Hasil wawancara mengenai frekuensi perpindahan pekerja tersebut dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2.
Frekuensi Perjalanan Pekerja Antar Fasilitas

FREKUENSI (dalam 1 hari)	Keet Kontraktor	Keet MK	S & F Besi	S & F Kayu	Genset	Bak Sentral Sampah	Barak Pekerja	Toilet Pekerja	Warung Pekerja	Gudang
Keet Kontraktor	0	52	5	5	1	0	2	0	0	3
Keet MK	52	0	0	0	0	0	0	0	0	2
S & F Besi	5	0	0	32	1	12	60	15	30	7
S & F Kayu	5	0	32	0	1	14	80	15	35	7
Genset	1	0	1	1	0	2	2	1	1	2
Bak Sentral Sampah	0	0	12	14	2	0	5	0	2	3
Barak Pekerja	2	0	60	80	2	5	0	73	68	13
Toilet Pekerja	0	0	15	15	1	0	73	0	31	2
Warung Pekerja	0	0	30	35	1	2	68	31	0	2
Gudang	3	2	7	7	2	3	13	2	2	0

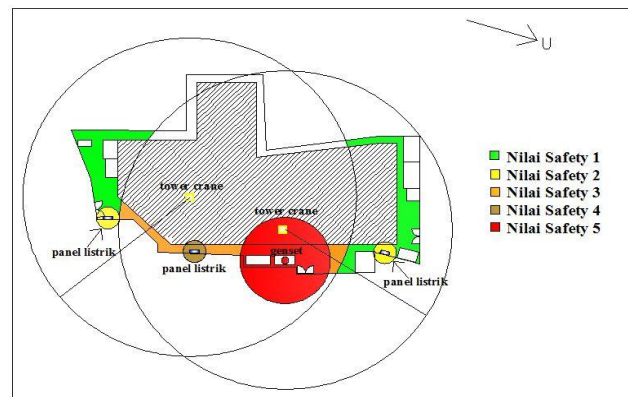
5). Nilai *safety* didapatkan dari hasil wawancara dengan kepala SHE (*Safety, Health, and Environmental policy*) di lapangan mengenai tingkat keamanan dan keselamatan pada seluruh zona proyek. Didapatkan 5 kriteria *safety index* yang dapat menimbulkan bahaya. Zona pertama adalah zona radius *tower crane* 70 meter (sesuai dengan panjang lengan *tower crane*) yang memungkinkan terjadinya kejatuhan material dengan nilai *safety* 1. Zona kedua adalah zona radius *tower crane* dan panel listrik dengan nilai *safety* 2. Panel listrik memungkinkan terjadinya sengatan dan ledakan listrik dengan radius ± 5 meter. Zona ketiga adalah zona radius yang dilalui

oleh irisan dari 2 buah *tower crane* dengan nilai *safety* 3. Zona keempat adalah zona radius yang dilalui oleh irisan dari 2 buah *tower crane* dan panel listrik dengan nilai *safety* 4. Zona kelima adalah zona yang paling berbahaya dengan nilai *safety* 5 yaitu zona radius yang dilalui irisan 2 buah *tower crane* dan *genset*. *Genset* dapat menimbulkan sengatan dan ledakan listrik dengan radius ± 20 meter. Kriteria tersebut dikumpulkan dalam tabel 3 berikut :

Tabel 3.
Kriteria Nilai Safety

Nilai Safety	Radius	Klasifikasi Bahaya
1	1 Tower Crane	Rendah
2	Panel Listrik dan 1 Tower Crane	Sedang
3	2 Tower Crane	Cukup Tinggi
4	Panel Listrik dan 2 Tower Crane	Tinggi
5	Genset dan 2 Tower Crane	Sangat Tinggi

Wilayah pembagian kriteria nilai *safety* pada Tabel 3 disajikan dalam gambar 3 berikut :



Gambar. 3. Wilayah Kriteria Nilai Safety

Kemudian nilai *safety* dihitung berdasarkan proporsi jarak masing-masing, berikut merupakan hasil perhitungannya :

Tabel 4.
Nilai Safety Antar Fasilitas

SAFETY	Keet Kontraktor	Keet MK	S & F Besi	S & F Kayu	Genset	Bak Sentral Sampah	Barak Pekerja	Toilet Pekerja	Warung Pekerja	Gudang
Keet Kontraktor	0.0	4.0	1.2	1.1	3.6	1.2	2.9	2.9	3.0	1.4
Keet MK	4.0	0.0	2.6	2.4	5.0	2.8	2.6	2.6	2.7	3.3
S & F Besi	1.2	2.6	0.0	1.0	2.3	1.0	2.5	2.5	2.6	1.0
S & F Kayu	1.1	2.4	1.0	0.0	2.2	1.0	2.4	2.4	2.5	1.0
Genset	3.6	5.0	2.3	2.2	0.0	2.5	2.8	2.8	2.9	3.1
Bak Sentral Sampah	1.2	2.8	1.0	1.0	2.5	0.0	2.6	2.6	2.7	1.0
Barak Pekerja	2.9	2.6	2.5	2.4	2.8	2.6	0.0	1.0	1.0	2.8
Toilet Pekerja	2.9	2.6	2.5	2.4	2.8	2.6	1.0	0.0	1.0	2.7
Warung Pekerja	3.0	2.7	2.6	2.5	2.9	2.7	1.0	1.0	0.0	2.9
Gudang	1.4	3.3	1.0	1.0	3.1	1.0	2.8	2.7	2.9	0.0

B. Identifikasi Kriteria Penempatan Fasilitas

Fasilitas satu berhubungan dengan fasilitas yang lain. Untuk itu dalam pemindahan fasilitas harus menganalisis kedekatan manfaatnya sehingga dapat menunjang pelaksanaan proyek konstruksi. Misalnya fasilitas barak pekerja, warung

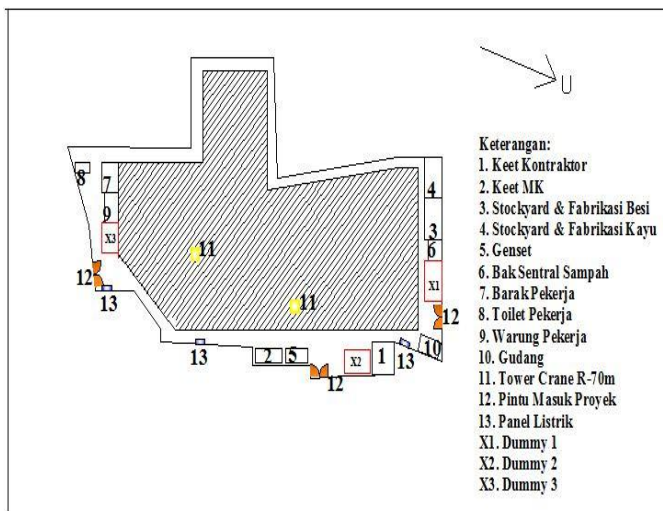
pekerja, dan toilet pekerja disebutkan menjadi satu ruang lingkup yaitu ruang lingkup *resting place* karena semua fasilitas tersebut memiliki sifat yang sama sebagai tempat istirahat bagi para pekerja sehingga sangat berpengaruh jika didekatkan. Ruang lingkup ini penting untuk dicermati karena dalam satu ruang lingkup menunjukkan aktivitas perpindahan perjalanan pekerja yang tinggi. Maka dari itu dilakukan pemindahan fasilitas berdasarkan pada ruang lingkungannya. Berikut ruang lingkup yang ada dalam proyek :

Tabel 5.
Ruang Lingkup Proyek

No.	Ruang Lingkup	Fasilitas
1.	Resting Place	Barak pekerja, warung pekerja, dan toilet pekerja
2.	Direksi Keet	Keet kontraktor dan keet manajemen konstruksi
3.	Stockyard & Fabrikasi	Stockyard & fabrikasi besi, stockyard & fabrikasi kayu, dan bak sentral sampah

Khusus untuk gudang tidak ditempatkan dalam ruang lingkup manapun, melainkan pemindahannya menyesuaikan dengan skenario yang dilakukan. *Genset* dan panel listrik berada pada posisi yang tetap untuk mempermudah penentuan nilai *safety* sehingga tidak dimasukkan dalam ruang lingkup di atas.

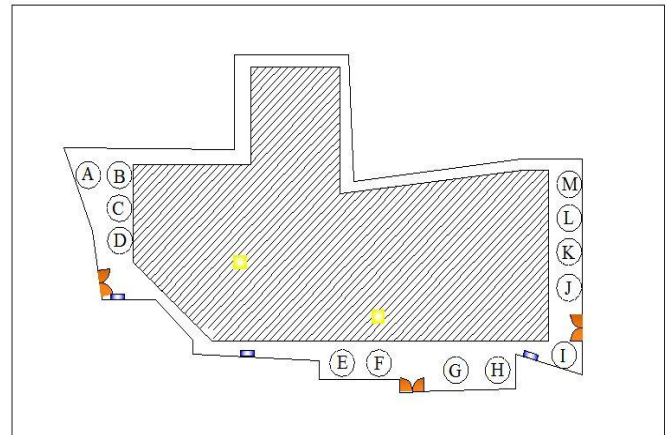
Site layout dalam pembangunan proyek apartemen Nine Residence ini bersifat *unequal site*. *Unequal site* adalah suatu kondisi dimana jumlah lokasi yang tersedia lebih banyak daripada jumlah fasilitas yang dipakai di lapangan. Lokasi yang memungkinkan untuk penempatan fasilitas proyek juga sangat beragam, dimana ada ruang kosong maka dapat dijadikan sebagai tempat untuk fasilitas proyek. Pada *layout* ini terdapat 3 area kosong yang dapat ditempatkan fasilitas sebagai alternatif. Alternatif area tersebut disebutkan sebagai *dummy*. *Dummy* 1 (X1) memiliki luas sebesar 100 m². *Dummy* 2 (X2) memiliki luas sebesar 91 m². *Dummy* 3 (X3) memiliki luas sebesar 74 m². Letak semua *dummy* dapat dilihat pada gambar 4 berikut :



Gambar. 4. Letak Dummy

C. Perhitungan Optimasi

Setelah melakukan pengumpulan data dan melihat kriteria pemindahan fasilitas maka langkah berikutnya yaitu melakukan pemodelan dan perhitungan optimasi *site layout*. Proses optimasi dilakukan menggunakan 9 skenario, di mana letak lokasi fasilitas dapat dilihat pada gambar 5 berikut :



Gambar. 5. Tempat Lokasi Fasilitas

Untuk perhitungan traveling distance menggunakan rumus:

$$Traveling Distance (TD) = \sum_{m,i=1}^n d_{mi} * f_{mi} \quad (2.1)$$

Dimana:

n = jumlah fasilitas total

f_{mi} = frekuensi perjalanan dari fasilitas m menuju i

d_{mi} = jarak dari fasilitas m menuju i

Perhitungan Safety Index menggunakan rumus:

$$Safety Index (SI) = \sum_{m,i=1}^n S_{mi} * f_{mi} \quad (2.2)$$

Dimana

n = Jumlah fasilitas total pada proyek

S_{mi} = Tingkat keamanan dan keselamatan antar fasilitas m dan i

F_{mi} = Frekuensi perjalanan antar fasilitas m dan i

Berikut merupakan hasil perhitungan traveling distance dan safety index masing-masing fase.

Skenario 0 (Eksisting)

Lokasi	A	B	C	D	E
Fasilitas	Toilet Pekerja	Barak Pekerja	Warung Pekerja	Dummy 3	Keet MK
Lokasi	F	G	H	I	J
Fasilitas	Genset	Dummy 2	Keet Kontraktor	Gudang	Dummy 1
Lokasi	K	L	M		
Fasilitas	Bak Sentral Sampah	S & F Besi	S & F Kayu		

Pada skenario 0, fasilitas masih dalam posisi aslinya karena belum ada pemindahan fasilitas. Dari perhitungan didapatkan nilai TD sebesar 127763,69 meter sedangkan nilai SI sebesar 2320,53.

Skenario 1

Lokasi	A	B	C	D	E
Fasilitas	Toilet Pekerja	Barak Pekerja	Warung Pekerja	Dummy 3	Keet MK
Lokasi	F	G	H	I	J
Fasilitas	Genset	Dummy 2	Keet Kontraktor	Dummy 1	Gudang
Lokasi	K	L	M		
Fasilitas	Bak Sentral Sampah	S & F Besi	S & F Kayu		

Pada skenario ini terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan. Dari perhitungan didapatkan nilai TD sebesar 127810,46 meter atau mengalami peningkatan sebesar 0,04% dari skenario 0. Sedangkan nilai SI sebesar 2312,25 atau mengalami penurunan sebesar 0,36% dari skenario 0.

Skenario 2

Lokasi	A	B	C	D	E
Fasilitas	Toilet Pekerja	Barak Pekerja	Warung Pekerja	Dummy 3	Dummy 2
Lokasi	F	G	H	I	J
Fasilitas	Genset	Keet MK	Keet Kontraktor	Gudang	Dummy 1
Lokasi	K	L	M		
Fasilitas	Bak Sentral Sampah	S & F Besi	S & F Kayu		

Pada skenario ini terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan. Dari perhitungan didapatkan nilai TD sebesar 124164,92 meter atau mengalami penurunan sebesar 2,82% dari skenario 0. Sedangkan nilai SI sebesar 2160,92 atau mengalami penurunan sebesar 6,88% dari skenario 0.

Skenario 3

Lokasi	A	B	C	D	E
Fasilitas	Toilet Pekerja	Barak Pekerja	Warung Pekerja	Dummy 3	Dummy 2
Lokasi	F	G	H	I	J
Fasilitas	Genset	Keet MK	Keet Kontraktor	Dummy 1	Gudang
Lokasi	K	L	M		
Fasilitas	Bak Sentral Sampah	S & F Besi	S & F Kayu		

Pada skenario ini terdapat 4 fasilitas yang dipindahkan. Dari perhitungan didapatkan nilai TD sebesar 124211,69 meter atau mengalami penurunan sebesar 2,78% dari skenario 0. Sedangkan nilai SI sebesar 2153,24 atau mengalami penurunan sebesar 7,21% dari skenario 0.

Skenario 4

Lokasi	A	B	C	D	E
Fasilitas	Toilet Pekerja	Barak Pekerja	Warung Pekerja	Dummy 3	Dummy 1
Lokasi	F	G	H	I	J
Fasilitas	Genset	S & F Besi	S & F Kayu	Bak Sentral Sampah	Keet MK
Lokasi	K	L	M		
Fasilitas	Gudang	Dummy 2	Keet Kontraktor		

Pada skenario ini terdapat 8 fasilitas yang dipindahkan. Dari perhitungan didapatkan nilai TD sebesar 60204,31 meter atau mengalami penurunan sebesar 52,88% dari skenario 0. Sedangkan nilai SI sebesar 2446,02 atau mengalami peningkatan sebesar 5,41% dari skenario 0.

Skenario 5

Lokasi	A	B	C	D	E
Fasilitas	Keet MK	Keet Kontraktor	Dummy 2	Dummy 3	Toilet Pekerja
Lokasi	F	G	H	I	J
Fasilitas	Genset	Barak Pekerja	Warung Pekerja	Gudang	Dummy 1
Lokasi	K	L	M		
Fasilitas	Bak Sentral Sampah	S & F Besi	S & F Kayu		

Pada skenario ini terdapat 6 fasilitas yang dipindahkan. Dari perhitungan didapatkan nilai TD sebesar 127369,85 meter atau mengalami penurunan sebesar 0,31% dari skenario 0. Sedangkan nilai SI sebesar 2216,48 atau mengalami penurunan sebesar 4,48% dari skenario 0.

Skenario 6

Lokasi	A	B	C	D	E
Fasilitas	S & F Besi	S & F Kayu	Bak Sentral Sampah	Dummy 3	Keet MK
Lokasi	F	G	H	I	J
Fasilitas	Genset	Dummy 2	Keet Kontraktor	Gudang	Dummy 1
Lokasi	K	L	M		
Fasilitas	Warung Pekerja	Toilet Pekerja	Barak Pekerja		

Pada skenario ini terdapat 6 fasilitas yang dipindahkan. Dari perhitungan didapatkan nilai TD sebesar 100032,00 meter atau mengalami penurunan sebesar 21,71% dari skenario 0. Sedangkan nilai SI sebesar 2384,74 atau mengalami peningkatan sebesar 2,77% dari skenario 0.

Skenario 7

Lokasi	A	B	C	D	E
Fasilitas	Keet MK	Keet Kontraktor	Dummy 2	Dummy 3	Bak Sentral Sampah
Lokasi	F	G	H	I	J
Fasilitas	Genset	S & F Besi	S & F Kayu	Gudang	Dummy 1
Lokasi	K	L	M		
Fasilitas	Warung Pekerja	Toilet Pekerja	Barak Pekerja		

Pada skenario ini terdapat 9 fasilitas yang dipindahkan. Dari perhitungan didapatkan nilai TD sebesar 48635,08 meter atau mengalami penurunan sebesar 61,93% dari skenario 0. Sedangkan nilai SI sebesar 1529,34 atau mengalami penurunan sebesar 34,10% dari skenario 0.

Skenario 8

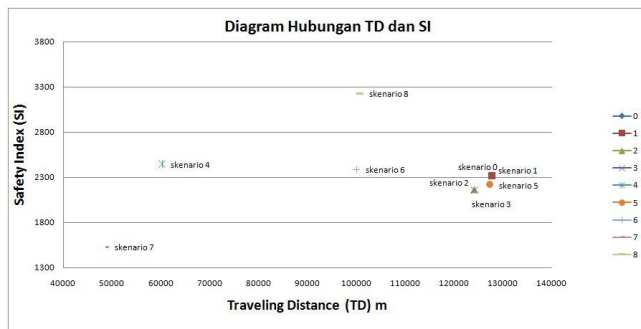
Lokasi	A	B	C	D	E
Fasilitas	Dummy 1	S & F Kayu	S & F Besi	Bak Sentral Sampah	Toilet Pekerja
Lokasi	F	G	H	I	J
Fasilitas	Genset	Barak Pekerja	Warung Pekerja	Gudang	Keet MK
Lokasi	K	L	M		
Fasilitas	Dummy 3	Dummy 2	Keet Kontraktor		

Pada skenario ini terdapat 9 fasilitas yang dipindahkan. Dari perhitungan didapatkan nilai TD sebesar 100802,46 meter atau mengalami penurunan sebesar 21,10% dari skenario 0. Sedangkan nilai SI sebesar 3227,84 atau mengalami peningkatan sebesar 39,10% dari skenario 0.

Tabel 6.
Hasil Perhitungan

Skenario	TD (m)	SI
0	127763,69	2320,53
1	127810,46	2312,25
2	124164,92	2160,92
3	124211,69	2153,24
4	60204,31	2446,02
5	127369,85	2216,48
6	100032,00	2384,74
7	48635,08	1529,34
8	100802,46	3227,84

Berdasarkan tabel 6 di atas, maka dibuatlah diagram hubungan antara traveling distance (TD) dan safety index (SI). Diagram ini membantu menentukan nilai minimum TD dan SI. Berikut diagram yang disajikan pada gambar 6:



Gambar. 6. Diagram Hubungan TD dan SI

Dapat dilihat pada diagram di atas, bahwa nilai TD minimum terdapat pada skenario 7. Diagram di atas juga menunjukkan nilai SI minimum pada skenario 7. Nilai TD skenario 7 sebesar 48635,08 meter atau mengalami penurunan yang paling besar sebanyak 61,93% dari kondisi eksisting. Nilai SI skenario 7 sebesar 1529,34 atau mengalami penurunan yang paling besar sebanyak 34,10% dari kondisi eksisting.

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan perhitungan *traveling distance* dan *safety index* pada pembangunan proyek Apartemen Nine Residence ini, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Perhitungan *traveling distance* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai TD paling minimum adalah pada skenario ke 7 dengan nilai sebesar 48635,08 meter atau mengalami penurunan TD sebesar 61,93% dibandingkan nilai TD pada kondisi *eksisting*.
- 2) Perhitungan *safety index* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai SI paling minimum adalah pada skenario 7 dengan nilai 1529,34 atau mengalami penurunan 34,10% dibandingkan nilai SI pada kondisi *eksisting*.
- 3) Dikarenakan memiliki nilai *traveling distance* paling kecil serta *safety index* paling kecil pula maka bentuk tata letak fasilitas (*site layout*) yang paling optimum adalah pada skenario ke 7. Skenario ke 7 ini memiliki penurunan nilai TD dan SI yang sangat signifikan dibandingkan skenario lainnya dengan prosentase 61,93% dan 34,10%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yeh, I-C. 1995. "Construction-site layout using annealed neural network". *Journal of Computing in Civil Engineering*, 9(3) 201-208.
- [2] Easa, M. Said., Hossain, K. M. AA. 2008. "New Mathematical Optimization Model for Construction Site Layout". *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 134, 653-662
- [3] Gunawan, R.O. 2014. Tugas Akhir: *Optimasi Tata Letak Fasilitas Menggunakan Metode Multi Objective Function Pada Pembangunan Proyek Apartemen Nine Residence Jakarta*